

# DROHNEN IM ZIVILEN UND MILITÄRISCHEN EINSATZ

*Dominik Heider\**

1. Februar, 2006

## ZUSAMMENFASSUNG

**Unbemannte Flugzeuge und unbemannte Fahrzeuge, so genannte UAV (Unmanned Aerial Vehicles) werden genauer unter die Lupe genommen. Dabei werde ich eine Einführung in die verschiedenen Systeme geben, verschiedene UAV-Modelle und deren Einsatzgebiete vorstellen. Ich werde anhand einiger Beispiele der Bundeswehr, aber auch internationaler Streitkräfte, die UAVs ein wenig detaillierter betrachten. Darüber hinaus werde ich die Vorteile von UAVs herausstellen, die es legitimieren sollen, ein Luftfahrzeug auch ohne menschlichen Piloten starten zu lassen. Dabei betrachte ich auch die rechtlichen Konsequenzen solcher Einsätze. Ich werde dann auf die geschichtliche Entwicklung und die heutigen Einsatzgebiete von Drohnen eingehen. Des Weiteren werde ich das Free-Flight-Konzept vorstellen, welches einen völlig neuen Ansatz im Luftraummanagement darstellt. Ich werde abschließend in einem Ausblick und einer Diskussion zu den UAV-Systemen und ihren Vor- und Nachteilen münden.**

## 1. EINLEITUNG

Unbemannte Flugzeuge sind schon lange keine Hollywood-Vorstellung mehr, wie es in vielen Filmen zu sehen ist. Denn diese Drohnen, oder auch UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) genannt, werden heute schon verstärkt eingesetzt.

Als UAV wird ein unbemanntes, wiederverwendbares Luftfahrzeug bezeichnet. Dabei wird zwischen einem ferngesteuerten und einem autonomen Flugzeug unterschieden. Ersteres wird auch als RPV (Remotely Piloted Vehicles) bezeichnet. Autonom bedeutet an dieser Stelle,

dass das UAV einer festen vorprogrammierten Route folgt und diese dann autonom einhält. UAVs werden vornehmlich in militärischen Bereichen eingesetzt, jedoch kann man sich auch über zivile Einsatzmöglichkeiten Gedanken machen. Teilweise werden die UAV auch mit Waffensystemen ausgestattet. Man spricht dann von Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV). Das erste serienmäßige UCAV ist die Boeing X-45, welche voraussichtlich 2008 in Dienst gestellt wird. Aus der Definition der UAVs geht also hervor, dass mit einem Sprengkopf ausgestattete Systeme, wie zum Beispiel Torpedos oder Raketen nicht als UAVs gelten, denn der Aspekt der Wiederverwendbarkeit geht bei diesem offensichtlich verloren. Man spricht an dieser Stelle dann von smarter Muniton.

Zu einem UAV-System gehören im wesentlichen drei Komponenten. Die erste Komponente ist die Kontrollstation. Von der Kontrollstation aus wird die Route entwickelt oder das Luftfahrzeug ferngesteuert. Bei einem autonomen UAV können von dort aus auch noch Steuereingaben oder Autorisierungsbefehle ausgehen. Die Entfernung der Kontrollstation ist sehr unterschiedlich. Bei einigen UAVs kann die Entfernung mehrere hundert Kilometer sein, bei anderen nur wenige hundert Meter. Dort unterscheiden sich dann auch die Einsatzgebiete der verschiedenen UAV-Typen, die ich im folgenden Kapitel vorstellen möchte. Die zweite Komponente eines UAV-Systems ist die Kommunikationsinfrastruktur. Diese Infrastruktur stellt die Verbindung von Sender und Empfänger her. Diese können zum Beispiel über Funk, Laser oder Satelliten verbunden sein. Die dritte Komponente eines UAV-Systems ist die Trägerplattform. Mit Trägerplattform wird das eigentliche physiologische Luftfahrzeug bezeichnet, welches mit den verschiedenen

---

\* Email: dominik.heider@uni-muenster.de

Sensoren- und Waffensysteme ausgerüstet sein kann. Beispiele für UAV-Systeme sind die PREDATOR-Systeme der U.S. Airforce oder SHADOW-200-Systeme der U.S. Army. Bei diesen Systemen werden jeweils vier UAVs von einer Kontrollstation gesteuert.

## 2. UAV-TYPEN

### 2.1. HALE (HIGH ALTITUDE LONG ENDURANCE)

Bei der Klasse der HALE-UAVs handelt es sich um Luftfahrzeuge mit einer sehr hohen Einsatzhöhe und sehr langer Einsatzdauer. Sehr lang bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich die Einsatzhöhe auf über 15000m und die Einsatzdauer auf über 24 Stunden bezieht. Die Reichweite dieser UAVs ist also mit der von normalen Verkehrsflugzeugen vergleichbar. Je nach Konzeption entsprechen die Flugeigenschaften denen von Kampfflugzeugen oder Luftschiffen. Aufgrund der Höhe sind diese Drohnen sehr effektiv, da sie zum Einen eine große Übersicht haben und zum anderen wenig abschlussgefährdet sind. Die taktischen Aufklärungen die mittels HALE-UAVs erzielt werden können, können die von Satelliten fast ganz ersetzen oder zumindest unterstützen. Die HALE-UAVs sind sehr sicher, da die Luftraumsicherung für Feind in dieser Höhe sehr aufwendig und kostspielig (z.B. Patriot-Raketen) ist. In Folge dessen kann nicht jeder Staat es sich leisten, auch in dieser Höhe eine Luftraumüberwachung und -abwehr einzurichten. De facto existieren nur zwei Modelle, die sich in der HALE-Klasse bewegen. Beide gehören zum amerikanischen Militär. Zum einen ist es der PREDATOR (B), eine verbesserte Version des PREDATOR (A), und zum anderen der Global Hawk, der im Vergleich zum PREDATOR (B) (3t) oder zu manchen Flugzeugen, mit 11,5t sehr schwer ist. Die europäisch-israelische Kooperation, die Eagle II verfehlt nur knapp diese Kategorie aufgrund von zu geringer Einsatzhöhe und -dauer.



Abb. 1: PREDATOR (B)



Abb. 2: Global Hawk

### 2.2. MALE (MEDIUM ALTITUDE LONG ENDURANCE)

Die MALE-Klasse erreicht nicht ganz die Einsatzhöhe ihrer größeren Schwester, denn mit einer Einsatzhöhe von 5000 – 15000m liegt sie unter der HALE-Klasse. Die Einsatzdauer beträgt jedoch ebenfalls über 24 Stunden. Das Gewicht dieser UAVs liegt zwischen 0,5 und 2,5t. Das Haupteinsatzgebiet dieser Luftfahrzeuge ist die taktische Aufklärung. UAVs dieser Klasse wurden aber auch vereinzelt mit Waffensystemen ausgestattet und alsUCAV eingesetzt. Prominentestes Beispiel ist der PREDATOR (A) der mit Hellfire-Raketen bestückt in Afghanistan und Jemen eingesetzt wurde. Dort machte er 2002 den Al-Qaida Terroristen Ali Kaid Sihian Harithi ausfindig und tötete ihn zusammen mit fünf weiteren Terroristen. Weitere Beispiele sind die schon oben erwähnte EAGLE II aus europäisch-israelischer Kooperation und die schon

ebenfalls erwähnte Boeing X-45. Die führenden Hersteller dieser UAV-Klasse sind in den USA und Israel angesiedelt.



Abb. 3: Boeing X-45

### 2.3. TUAV (TACTICAL UNMANNED AERIAL VEHICLE)

Die TUAV-Klasse stellt numerisch die größte Gruppe innerhalb dieses Klassensystems dar. De facto gehören alle UAVs, die nicht in die HALE oder MALE-Klasse gehören und zu schwer für die MUAV-Klasse sind, in diese Klasse. Die Einsatzhöhe beträgt zwischen 1000 und 5000m und die Einsatzdauer schwankt zwischen 1 und 6 Stunden. Es existieren sehr viele verschiedene Systeme und somit unterscheiden sie sich zum Beispiel stark in ihren Start- und Landeeigenschaften. Einige starten und landen wie gewöhnlich Flugzeuge. Andere benötigen zum Start Raketen oder Katapulte. Wieder andere sind Senkrechtstarter und ähneln stark den Hubschraubern. Bei der Landung verhält es sich ähnlich. Manche landen wie Flugzeuge oder Hubschrauber, andere brauchen Fangnetze oder landen mittels Fallschirm. Die Hauptaufgabe dieser UAVs ist die Luftnahaufklärung für Bodentruppen. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass die meisten dieser UAVs in der Infanterie genutzt werden.

### 2.4. MUAV (MINI UNMANNED AERIAL VEHICLE)

Die MUAV-Klasse zeichnet eine geringe Einsatzhöhe von weniger als 250m aus. Des Weiteren ist die Einsatzdauer auf eine Stunde begrenzt. Das Gewicht beträgt weniger als 20kg und die Einsatzreichweite, das heisst die Entfernung zur Kontrollstation, darf maximal 10km erreichen, bis es zur Datenunterbrechung kommt. Da die Sensoren und Kameras bei diesen UAVs nicht stabilisiert werden können, liefern sie nur relativ schlechte Aufnahmen. In Einsätzen, bei denen jedoch nur Standbilder erforderlich sind, reichen diese UAVs vollständig aus, da sie den enormen Vorteil haben, dass sie von einer Person alleine transportiert, gestartet und kontrolliert werden können. Die Haupteinsatzgebiete liegen in der urbanen Aufklärung und Überwachung von einzelnen Personen.

### 2.5. MAV (MICRO UNMANNED AERIAL VEHICLE)

Die letzte Klasse stellt die MAVs dar. Diese UAVs unterscheiden sich sehr stark von den anderen Klassen, denn mit einem Gewicht von ca. 80g und einer Fluggeschwindigkeit von ca. 30km/h sind sie für völlig andere Einsatzgebiete konzipiert. Der vorwiegende Einsatz ist im Bereich der Geheimdienste zur Gebäudeaufklärung oder Personenüberwachung und weniger bei der militärischen Aufklärung. Die Probleme bei diesen UAVs liegen im geringen Gewicht, denn sie werden sehr leicht vom Wind abgetrieben.

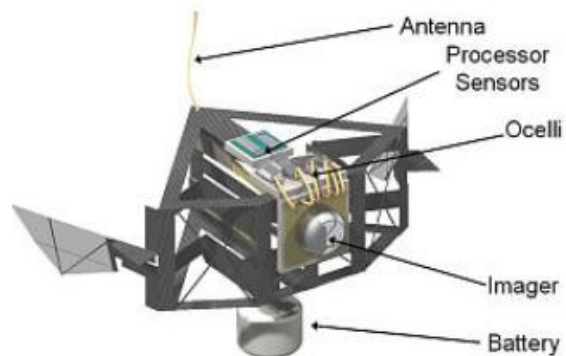


Abb. 4: MEMS Roboterfliege, Micromechanical Flying Insect (MFI) Projekt an der Berkeley University, gesponsort vom DARPA



Abb. 5: Entomopter für den Einsatz auf dem Mars



Abb. 6: Micro Flying Robot FR-I, von Seiko Epson. Der Roboter wiegt 8,9 Gramm, beinhaltet ein 2,5 Gramm schweres Kontrollmodul mit 2 CPUs, ein Bluetooth Modul mit 1,3 Gramm und ein CCTV-Videokameramodul.

### 3. UAVS DER BUNDESWEHR

#### 3.1. ALADIN

Die Abkürzung Aladin steht für abbildende luftgestützte Aufklärungsdrohne im Nächstbereich. Die Einsatzhöhe liegt unter 200m und die Einsatzdauer beträgt ca. 45 Minuten. Die Reichweite liegt bei 5km. Aladin ist mit einer Kamera ausgestattet, die per Echtzeitübertragung zur Kontrollstation sendet. Die Kamera kann optional mit einem Infrarot-Scanner ausgestattet werden und somit sind auch Aufnahmen in der Nacht möglich. Aladin fliegt autonom, nach einer vorgegebenen Route, die mittels GPS-Signal verfolgt wird. Da Aladin mit einem Elektromotor betrieben wird, hat er eine sehr geringe Signatur. Die Aufgabengebiete sind beispielsweise urbane Aufklärung oder Personenüberwachung.



Abb. 7: ALADIN der Bundeswehr

#### 3.2. CL-289

Die CL-289 ist eine gemeinschaftliche Entwicklung von Deutschland, Kanada und Frankreich. Die Drohne ist 3,70m lang und hat eine Spannweite von 1,32m. Ihre maximale Flughöhe beträgt 3000m, obwohl die Aufklärungshöhe bei 200 - 1200m liegt. Sie hat eine Geschwindigkeit von 740km/h und wird über eine Trägerrakete von einer Startrampe gestartet. Die Landung erfolgt über einen Fallschirm. Als Sensoren dienen eine Reihenkamera und ein IR-Sensor und senden die Daten in Echtzeit zur Bodenstation. Die Aufklärungsreichweite beträgt ca. 170km. Genau wie bei ALADIN, fliegt CL-289 autonom über vorgegebene GPS-Koordinaten.



Abb. 8: CL-289 der Bundeswehr

### 3.3. LUNA

Die Drohne LUNA (Luftgestützte unbemannte Nahaufklärungs-Ausstattung) ist eine neuere Drohne, als die bisher vorgestellten. Sie agiert in einem Radius von 65km und die Einsatzdauer beträgt 3 Stunden. Die Spannweite beträgt 4,17m und die Länge 2,36m. Die Flughöhe liegt bei maximal 3500m. Der Start erfolgt über ein Katapult und die Landung erfolgt über Fangnetze oder über eine autonome Fallschirmlandung. Als Sensoren dienen eine Reihenkamera und IR-Sensoren. Der Flug erfolgt über eine festgelegte GPS-Route, die auch während der Operation verändert werden kann.



Abb. 9: LUNA der Bundeswehr.  
Foto: Hans-Jürgen Schulz

### 3.4. X-13

Die X-13 hat eine Reichweite von 200km. Die Einsatzdauer beträgt bis zu 6 Stunden. Die Dienstgipfelhöhe beträgt 10000m und ist somit höher, als von allen bisher vorgestellten UAVs der Bundeswehr. Jedoch liegt die Einsatzhöhe bei 3000m, bei einer Fluggeschwindigkeit von 100 – 180km/h. Ihre Spannweite beträgt 5,10m und ist damit um einiges größer als bei den anderen Bundeswehr-Drohnen. Der Start erfolgt wie bei LUNA über ein Katapult. X-13 ist auch bei tiefen Temperaturen einsatzbereit, denn es verfügt über eine Enteisungsanlage. Zudem ist es mit hochauflösenden Standbildkamera, Videokamera, IR- und SAR-Sensor ausgestattet. Start und Landung erfolgen autonom. Die Reichweite der Übertragung kann mittels einer Relais-Drohne noch über den Horizont erweitert werden. Die SAR-Technologie basiert auf Mikrowellen. Unterschiedliche Oberflächen haben verschiedene Reflexionseigenschaften für elektromagnetische Strahlen. Diese werden von dem SAR-Sensor zur Modellierung von 2- und 3-dimensionalen Karten der Observationsgebietes genutzt.

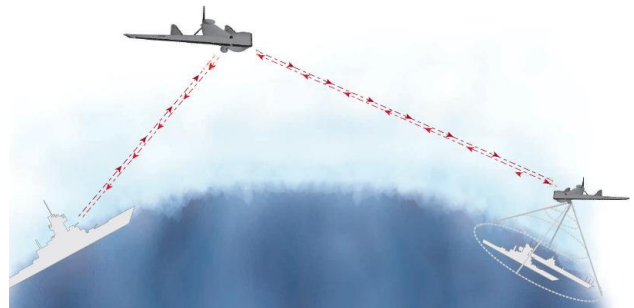


Abb. 10: Relaisdrohne zur Übertragung jenseits des Horizonts

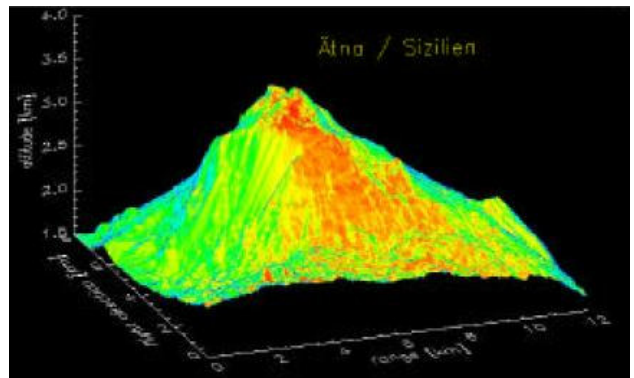


Abb. 11: SAR-Aufnahme des Ätnas

### 3.5. FANCOPTER

Der FANCOPTER ist eine Drohne, die im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Drohnen, nicht an ein Flugzeug, sondern an einen Hubschrauber erinnert. Der Start und die Landung werden autonom vertikal ausgeführt. Die Reichweite und die Einsatzdauer ist bei 500m, bzw. 15 Minuten eher gering. Das Gewicht beträgt lediglich 750g. Als Sensor dient eine einfache Tageslichtkamera. Während des Fluges, wird der FANCOPTER von der Bodenstation aus ferngesteuert. Daher handelt es sich bei dieser Drohne um ein RPV. Das primäre Einsatzgebiet ist die urbane Aufklärung.



Abb. 12: FANCOPTER der Bundeswehr

## 4. ENTWICKLUNG

### 4.1. GESCHICHTE

Schon nach dem ersten Weltkrieg wurden erste Versuche mit unbemannten Luftfahrzeugen gewagt. Dabei handelte es sich um ein ferngesteuertes Flugzeug, der so genannten DH.288 Queen Bee. Daraus entwickelte sich später der geläufige Name Drohne. Auch bei der U.S. Navy wurden Bomber zu ferngesteuerten Bombern umgebaut. Ihr Einsatz galt aber nicht als bahnbrechender Erfolg. Die ersten Einsätze von Drohnen waren Aufklärungen in Nordkorea, China und Vietnam (1964/75). Sie wurden als LIGHTNING BUGS bezeichnet. Ein weiteres Projekt war die sehr schnelle D-21, mit einer Geschwindigkeit von 4000km/h und einer Flughöhe von 29000m. Das Projekt wurde jedoch aufgrund technischer Probleme stillgelegt. Den nächsten großen Erfolg feierten die Drohnen bei der Libanoninvasion 1982. Syrische SAM-Stellungen in Bekatal wurden mittels UAVs aufgeklärt. Es folgten noch weitere UAV-Programme der USA, wie das AQUILLA-, SHADOW- und PIONEER-Programm. Der größte Teil dieser Programme wurde aber aufgrund sich ständig ändernder Wünsche, welche die Projekte derart in die Höhe getrieben haben, eingestellt. Das AQUILLA-Programm wurde beispielsweise bei einem Stand von über eine Milliarde US-Dollar eingestellt. Momentan sind die USA und Israel führend auf dem Gebiet der UAV-Technik, was sich in den Absätzen und der Einsatzhäufigkeit dieser beiden Länder widerspiegelt. Der USA-Haushalt plante 2003 umgerechnet 1,1 Milliarden Euro für die Forschung an UAVs ein. Die Gesamtausgaben der USA belaufen sich mittlerweile auf umgerechnet über 6 Milliarden Euro. Die Entwicklungen anderer Nationen sind zahlreich, haben jedoch nicht den Einfluss wie der der USA oder Israel.

Die heutigen Einsatzgebiete sind, wie schon zuvor erwähnt, sehr vielseitig und reichen von der operativen Luft- bis zur urbanen Aufklärung und Überwachung von Personen. In Afghanistan und Jemen wurden UAVs eingesetzt. Im November 2002 wurde der Al-Qaida Terrorist Ali Kaid Sihian Harithi

zusammen mit sechs anderen Terroristen von einem PREDATOR ausfindig gemacht und getötet. Dabei erfolgt der Einsatz des PREDATORS nicht autonom, sondern er wurde von einer Bodenkontrollstation ferngesteuert. Die Bundeswehr setzte im Kosovo-Krieg die Aufklärungsdrohne LUNA ein. Auch die Inspektionen der UN-Waffeninspektoren im Irak 2003 wurden durch Drohnen unterstützt. Langfristig sollen die UAVs den bemannten Flug völlig ersetzen, doch vorerst werden mittelfristig die Bekämpfung gegnerischer Luftabwehr und Luftnahunterstützung im Visier der UAV-Herstellung stehen. Doch auch aus langfristiger Sicht werden Menschen in Einsätzen wie Bergungen, so genannten Search & Rescues, nicht weg zu denken sein.

## 4.2. LOCAAS

LOCAAS steht für Low Cost Autonomous Attack System und bezeichnet eine spezielle Drohne, die in Kampfverbänden, so genannten Schwärmen, agiert. Diese „Mörderbienen“ wie sie auch genannt werden, sind sehr kostengünstig, da sie im Gegensatz zu den bisher vorgestellten nicht im Millionenbereich liegen, sondern „nur“ 30000 US-Dollar kosten. Die LOCAAS sind nur 80 cm lang und mit einem Düsenmotor mit Benzin für rund 30 Minuten ausgestattet. Als Sensor dient ein Laser-Radar. Bei einem Einsatz setzt ein Tarnkappenbomber bis zu 192 LOCAAS ab. Diese schwärmen dann wie ein Vogelschwarm aus und suchen sich mittels einer, auf künstlicher Intelligenz basierender, Zielerkennung ihr Ziel aus. Sie greifen in Schwärmen an, jedoch stimmen sie sich untereinander ab, damit nicht ein Ziel von allen auf einmal beschossen wird. Darüber hinaus entscheiden sie sich völlig autonom, ob sie entweder panzerbrechende Raketen oder Maschinengewehr einsetzen, je nachdem ob es sich um einen Angriff gegen Fahrzeuge oder Personen handelt.



Abb. 13: Die Mörderbienen, so genannte LOCAAS beim Angriff auf feindliche Panzer.

Der Algorithmus, mit dem die LOCAAS in Schwärmen fliegen, basiert auf dem BOIDS Algorithmus. Es existieren drei einfache Vorschriften für jede einzelne Drohne. Die erste ist die Separation. Das bedeutet, dass jede Drohne einen gewissen Mindestabstand zu seinen Nachbarn einhalten soll. Damit wird eine Kollision mit Nachbarn verhindert. Als Antagonist wird die Kohäsion. Jede Drohne versucht im Zentrum seiner lokalen Nachbarschaft zu bleiben. Dies führt zur Schwarmzentrierung. Mittlere Drohnen bleiben bei ihrer Richtung, äußere drängen nach innen. Die dritte Regel ist das Alignment. Jede Drohne passt die Richtung und Geschwindigkeit mit der seiner Nachbarn an. Dadurch ist nur eine geringe Zahl wahrnehmbarer Nachbarn zur Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit nötig. Dies funktioniert nach der einfachen Regel, dass die Soll-Geschwindigkeit und -Richtung benutzt wird um die Ist-Geschwindigkeit und -Richtung allmählich anzupassen. Mit diesen drei einfachen Regeln entsteht ein natürliches Schwarmverhalten. Diese Regeln werden beispielsweise auch in Hollywood-Filmen eingesetzt um Vogel- oder Fischeschwärme zu simulieren.

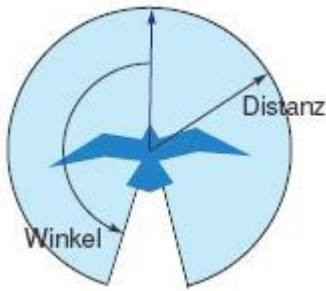


Abb. 14: Sichtfeld einer einzigen Drohne beim BOIDS-Algorithmus.

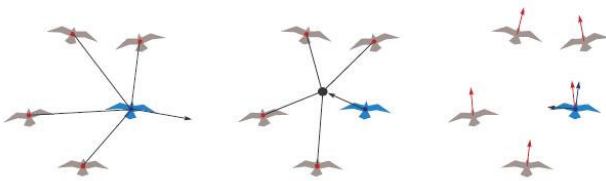


Abb. 15: Die drei Regeln des BOIDS-Algorithmus. Separation, Kohäsion und Aligment. (von links)

### 4.3. FREE-FLIGHT-KONZEPT

Das Free-Flight-Konzept fordert, dass das Luftraummanagement automatisiert zwischen einzelnen Flugzeugen selbst, also einer dezentralen Luftverkehrslenkung und nicht durch eine zentrale Luftverkehrssteuerung durchgeführt wird. Dabei wird das TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) benutzt. UAVs passieren nur bei Start und Landung die bemannten Flugzonen und während des Fluges im Free-Flight-Luftraum überwacht das System automatisch den umgebenden Luftraum. Von allen benachbarten UAVs werden Positions- und Flugabsichtsdaten übertragen. Wird ein Konflikt mit einem anderen Flugzeug erkannt, wählt das System anhand eines Regelwerks eine Route, um beispielsweise dem anderen Flugzeug auszuweichen. Dabei wird die bestgeeignete Flugbahn berücksichtigt, die sowohl keine Konflikte aber auch die geringste Flugzeit bedeutet. Diese Interaktion führt dazu, dass UAVs in Kampfverbänden agieren können und die Lagebilderstattung optimiert wird. In ziviler Luftfahrt können Kollisionen vermieden werden und schnellere Flüge zum Ziel werden möglich. Ferner wird der Managementaufwand verringert, was eine erhebliche Kosten-reduzierung mit sich ziehen würde.

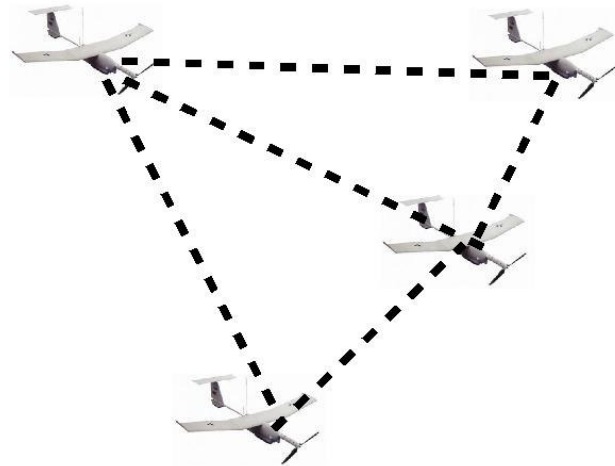


Abb. 16: Free-Flight-Konzept. UAV gibt Nachricht über seine Flugabsicht an seine Nachbarn weiter.

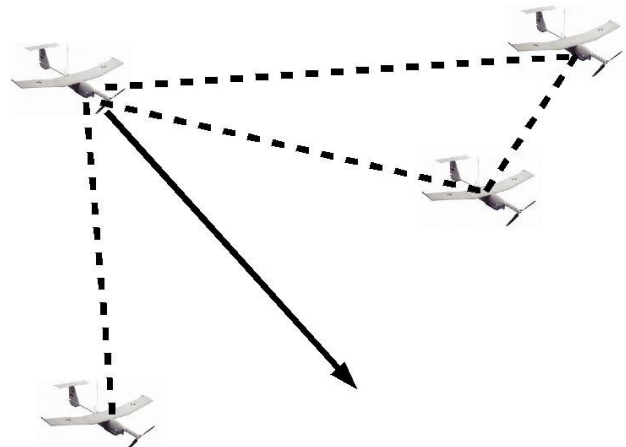


Abb. 17: Free-Flight-Konzept. Die Nachbarn reagieren auf diese Anfrage und bilden eine Gasse.



## 5. DISKUSSION

Zunächst werden hier noch einmal die Vor- und Nachteile von UAV-Systemen systematisch aufgelistet und besprochen. Ein großer Vorteil des unbemannten Fluges ist die Verweildauer. Damit ist gemeint, dass Drohnen viel länger am Einsatzort agieren können, als ihre bemannten Versionen. Die Einsatzdauer von Drohnen kann über 24 Stunden betragen, was einem menschlichen Piloten nicht möglich ist. Zusätzlich haben Drohnen einen Vorteil bei risikoreichen Missionen. Piloten müssen nicht gefährdet werden. Außerdem ist die Einsatzbereitschaft viel höher. Drohnen können ohne Pause wieder eingesetzt werden. Natürlich Wartungen ausgenommen. Die Manövrierfähigkeit und die Flugeigenschaften von Drohnen sind denen von bemannten Flugzeugen weit überlegen. Zum einen sind sie kleiner und dadurch fällt es der gegnerischen Flugabwehr schwerer diese zu attackieren. Zum anderen sind höhere Beschleunigungen möglich, denn sie führen zu keinen physiologischen Probleme (wie z.B. Blackouts), wie sie spätestens bei über 9g bei Piloten eintreffen. Auch haben Drohnen eine starke psychologische Wirkung auf den Feind. Man muss von einer allgegenwärtigen Präsenz ausgehen, das heißt, man muss davon ausgehen immer entdeckt zu werden. Aber der größte Vorteil, aus Sicht der Investoren, ist die Kosteneinsparung. Zum einen fallen keine Personalkosten, wie z.B. Kosten für Training, Schulungen und Ausbildung für Piloten an. Dagegen stehen in den meisten Fällen jedoch hohe Anschaffungspreise, die sich aber im Laufe der Zeit lohnen. Insgesamt, so ergaben Studien, ist der Einsatz von Drohnen, im Vergleich zu den bemannten Versionen, 75% günstiger. Beim Einsatz von Drohnen wird die Lagebilderstattung optimiert, denn drahtlose Netzwerke erzeugen massive synergetische Effekte. Diese neue Art der Kriegsführung nennt man netzwerkorientierte Kriegsführung.

Aber auf der anderen Seite gibt es natürlich auch sehr viele Probleme beim Einsatz von UAVs. Beispielsweise treten beim PREDATOR (A) teilweise Störungen der Signale bei der Kommunikation mit der Bodenstation auf. Dies kann zu Verzögerungen bis zu einer Sekunde

bedeuten. Es ist natürlich im Einsatz nicht möglich diese Verzögerungen zu kompensieren. Beim Global Hawk, der weitgehend autonom agiert, wird die Lagekontrolle, die Navigation und die Subsystemkontrollen vom Bordcomputer ausgeführt. Die Kontrollstation gibt nur Autorisierungsbefehle. Wie schon oben erwähnt ist die Achillesferse die Datenübertragung. Der Global Hawk fliegt bei Verbindungsabbruch zur Heimatbasis zurück, der PREDATOR fällt im Gegensatz dazu einfach wie ein Stein vom Himmel. Die meisten Verluste gehen auf solche Verbindungsabbrüche zurück. Die F-16 hat beispielsweise eine Unfallrate von 3,5 pro 100.000 Flugstunden. Zivilflüge im Allgemeinen eine Unfallrate von 0,8 pro 100.000 Flugstunden. Vergleicht man jetzt die Unfallrate von UAVs mit dieser Statistik, so muss man feststellen, dass sie deutlich höher liegt. Die Unfallrate von UAVs liegt bei 100 pro 100.000 Flugstunden. Das ist auch einer der Gründe, warum der unbemannte Flug noch kein Vertrauen in der Öffentlichkeit genießt.

Handelt es sich bei den UAVs um Agenten? Wenn wir nochmal reflektieren, was die Eigenschaften der UAVs darstellen, so kann man Parallelen zu Agenten feststellen. UAVs handeln autonom. Sie haben eine gewisse Intelligenz, mit der sie Entscheidungen treffen können. Sie können eine Reaktion auf sich ändernde Umweltbedingungen zeigen, da sie mit ihrer Umwelt, sowie mit anderen UAVs interagieren können. Ein weiteres Kriterium von Agenten ist die Mobilität. UAVs erfüllen dieses Kriterium eindeutig. Also kann man abschließend dazu sagen, dass UAVs in die Klasse von Agenten eingeteilt werden können.

Als letztes Diskussionsthema möchte ich ein paar rechtliche Aspekte aufgreifen. UAVs machen keine Gefangenen. Feinde haben keine Chance sich zu ergeben und werden immer getötet. Dies steht eindeutig im Konflikt mit den „Genfer Abkommen“, denn diese verbieten die Erschießung von Soldaten, die sich ergeben haben.

Ein weiterer Punkt ist der, dass der §1 Luftfahrtverordnung (LuftVO) besagt, „[...] dass Sicherheit und Ordnung im Luftverkehr gewährleistet sind und kein anderer gefährdet oder geschädigt wird. „

§2 LuftVO:

„Die Vorschriften dieser Verordnung [...] gelten für den verantwortlichen Luftfahrzeugführer unabhängig davon, ob er das Luftfahrzeug selbst bedient oder nicht.“

Was hat das für Konsequenzen? Trotz Automatisierung ist nicht Rechner, sondern der Mensch verantwortlich für eventuelles Fehlverhalten der Künstlichen Intelligenz.

Etienne Tarnowski hat als Vertreter von Airbus Industries folgendes Satz dazu gesagt:

„The pilot as the goalkeeper is ultimative responsible for the safe operation of the aircraft in all circumstances.“

Es liegt auf der Hand, dass nicht der Torwart für den Verlauf eines Spiels verantwortlich ist, sondern dass es auf eine Mannschaftsleistung hinausläuft. Der Torwart steuert nicht den Verlauf des Spiels, dennoch ist er aber "der einsamste Mann auf dem Platz", wenn die Abwehr (hier die KI gemeint) versagt.

Die Aussichten für die Zukunft der UAVs bleibt offen, jedoch sollte klar sein, dass, wie auch schon der Einsatz der Roboter, der Einsatz der UAVs immer mehr Einfluss in unserem Leben haben wird. So werden in naher Zukunft UAVs auch im zivilen Einsatz zu Trage kommen. Dabei werden sie Rollen beim Passagier- oder Warentransport einnehmen. Es besteht die Möglichkeit zur Optimierung von Verkehrswegen und Stauvermeidung durch interagierende Agenten. Man kann von einer optimalen Nutzung von vorhandenen Ressourcen sprechen, denn es wird unter Anderem die Reisedauer durch verbesserte Wegrouten optimiert. Auch werden UAVs das Wegfallen von Verkehrssteuerungen wie Ampeln, Schilder fördern. Das Unfallrisiko wird herabgesenkt

durch Agenteninteraktion. Aber auch hier muss man auch vorsichtig in die Zukunft blicken, denn es werden nicht nur positive Erfahrungen gemacht werden. Der Einsatz von UAVs wird zu einer asymmetrischen Kriegsförderung (Guerilla) führen. Außerdem wird das Misstrauen in der Öffentlichkeit bleiben, mit dem Horrorszenario „Verlust der Kontrolle“.

„Wo bloß Roboter, nicht aber Menschen aufs Spiel gesetzt werden, sinkt die Schwelle für bewaffnete Konflikte. Die "Automatisierung des Schlachtfeldes", noch so ein Begriff aus dem Pentagon, erhöht die Kriegsgefahr.“ DIE ZEIT

## 6. REFERENZEN

- [WIK] Wikipedia, Die freie Enzyklopädie, <http://www.wikipedia.de>
- [ENE] Die frei Energie, <http://www.die-energie.com/>
- [SAS] Flugroboter statt bemannter Militärflugzeuge, Sascha Lange, 2003
- [RAV] Die Raven Homepage, <http://kai.iks-jena.de/>
- [BUW] Deut. Bundeswehr, <http://www.deutschesheer.de>
  - ALADIN Technical Paper
  - LUNA Technical Paper
  - FANCOPTER Technical Paper
  - X-13 Technical Paper
  - CL-289 Technical Paper
- [LVO] Luftverkehrs-Ordnung
- [MÖ] Stählernde Mörderbienen, Gero von Randow, 2000
- [UNG] Simulation von Vögelschwärmen, Andrea Unger und Thomas Steube, 2004
- [SAR] Entwicklung phasentreuer SAR-Sensoren, Universität-GH Siegen